

6

Original document

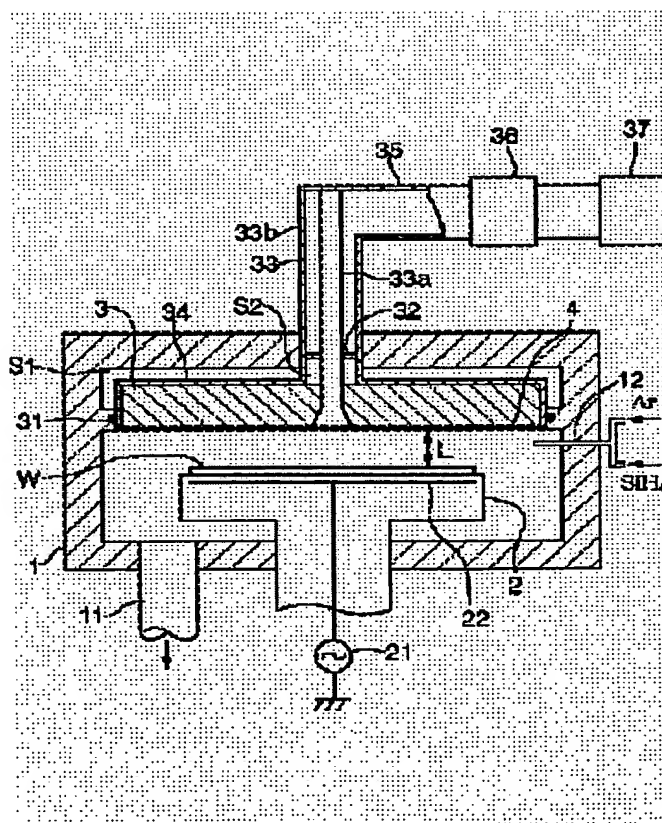
PLASMA TREATMENT DEVICE

Patent number: JP2001156004
 Publication date: 2001-06-08
 Inventor: ISHII NOBUO
 Applicant: TOKYO ELECTRON LTD;; YASAKA YASUNORI;; ANDO MAKOTO
 Classification:
 - international: H01L21/205; C23C16/511; H01L21/3065; H05H1/46
 - european:
 Application number: JP19990339748 19991130
 Priority number(s): JP19990339748 19991130

View INPADOC patent family

Abstract of JP2001156004

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve uniformity of plasma density on a substrate by suppressing the occurrence of standing waves, at film forming or etching treatment on the substrate with energizing a process gas which is made in to a plasma using microwaves. **SOLUTION:** An expanded-diameter section is formed by expanding one end side of a waveguide, and a dielectric substance is provided in the expanded-diameter section, in such a way that the substance is made to face opposite a substrate housed in a vacuum vessel. Then a conductive film thinner than a skin film, for example, a metal film having a thickness of about $1\ \mu\text{m}$ is formed on the substrate-side surface of the dielectric substance. A microwave, passing through the waveguide reaches a the conductive film through the dielectric substance and an evanescent electric field passes through the conductive film and ionizes the process gas into a plasma. Since this electric field is not reflected, standing waves are hardly generated.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

6a



US006622650B2

(12) **United States Patent**
Ishii et al.

(10) Patent No.: **US 6,622,650 B2**
(45) Date of Patent: **Sep. 23, 2003**

(54) **PLASMA PROCESSING APPARATUS**

(75) Inventors: Nobuo Ishii, Osaka-fu (JP); Yasuyoshi Yasaka, 5-107, Sudome, Kohata, Uji-Shi, Kyoto-Fu (JP)

(73) Assignees: Tokyo Electron Limited, Tokyo-To (JP); Yasuyoshi Yasaka, Kyoto-Fu (JP); Makoto Ando, Kanagaw-ken (JP)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 103 days.

(21) Appl. No.: 09/726,050

(22) Filed: Nov. 30, 2000

(65) Prior Publication Data

US 2001/0036465 A1 Nov. 1, 2001

(30) Foreign Application Priority Data

Dec. 2, 1999 (JP) 11-343148
Nov. 30, 1999 (JP) 11-339748

(51) Int. Cl.⁷ C23C 16/00; C23C 14/00; H05H 1/00

(52) U.S. Cl. 118/723 MW; 118/723 AN; 156/345.41; 204/298.38

(58) Field of Search 118/723 MW, 118/723 ME, 723 MR, 723 MA, 723 E, 723 AN; 156/345.41, 345.42, 345.47; 204/298.38; 438/726, 706, 711; 427/575, 569, 585

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

6,192,828 B1 * 2/2001 Takahashi et al. 118/723 E
6,357,385 B1 * 3/2002 Ohmi et al. 118/723 AN

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

JP 2-81434 A * 3/1990 H01L/21/31
JP 3-68771 3/1991
JP 2000-273646 A * 10/2000 C23C/16/511

* cited by examiner

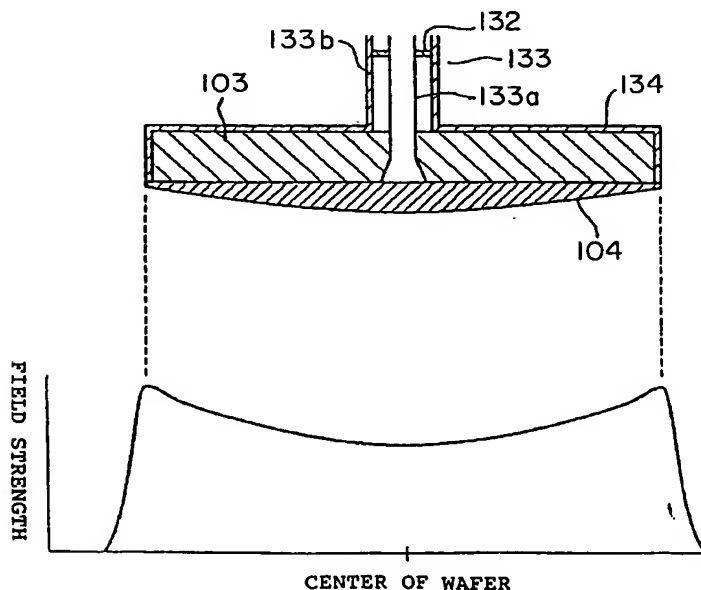
Primary Examiner—Parviz Hassanzadek

(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Finnegan, Henderson, Farabow, Garrett & Dunner, LLP

(57) **ABSTRACT**

A plasma processing system may include a vacuum vessel, a substrate table arranged in the vacuum vessel, and a radio-frequency power supply system for generating high-frequency waves. A waveguide may be provided for guiding high-frequency waves into the vacuum vessel, and a dielectric member may be arranged at an end portion of the waveguide. The plasma processing system may also include a conductive film arranged on the dielectric member and facing the substrate table, wherein the conductive film may have a thickness smaller than or approximately equal to a skin thickness of the conductive film.

5 Claims, 17 Drawing Sheets



62



US006823816B2

(12) **United States Patent**
Ishii et al.

(10) Patent No.: **US 6,823,816 B2**
(45) Date of Patent: **Nov. 30, 2004**

(54) **PLASMA PROCESSING SYSTEM**

(75) Inventors: Nobuo Ishii, Osaka-fu (JP); Yasuyoshi Yasaka, 5-107, Sudome, Sudome, Kohata, Uji-Shi, Kyoto-fu (JP)

(73) Assignees: Tokyo Electron Limited, Tokyo-to (JP); Yasuyoshi Yasaka, Uji (JP); Makoto Ando, Kawasaki (JP)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) Appl. No.: 10/642,268

(22) Filed: Aug. 18, 2003

(65) **Prior Publication Data**

US 2004/0069229 A1 Apr. 15, 2004

Related U.S. Application Data

(62) Division of application No. 09/726,050, filed on Nov. 30, 2000, now Pat. No. 6,622,650.

(30) **Foreign Application Priority Data**

Nov. 30, 1999 (JP) 11-339748
Dec. 2, 1999 (JP) 11-343148

(51) Int. Cl.⁷ C23C 16/00; C23C 14/00; H05H 1/00

(52) U.S. Cl. 118/723 MW; 1118/723 AN; 156/345.41; 204/298.38

(58) Field of Search 118/723 MW, 118/723 AN, 723 ME, 723 MR, 723 MA; 156/345.41, 345.42, 345.47; 204/298.38; 438/726, 706, 711; 427/575, 569, 5

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

6,347,602 B2 * 2/2002 Goto et al. 118/723 MW
6,357,385 B1 * 3/2002 Ohmi et al. 118/723 AN

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

WO WO 98/33362 A1 * 7/1998 H05H1/46

* cited by examiner

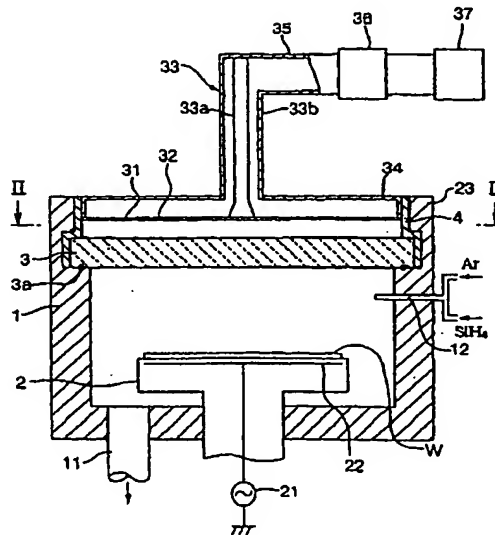
Primary Examiner—Parviz Hassanzadeh

(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Finnegan, Henderson, Farabow, Garrett & Dunner, L.L.P.

(57) **ABSTRACT**

An electromagnetic wave absorber (4) of a material that causes a large dielectric or magnetic loss is disposed so as to surround a region between a high-frequency wave transmitting window (3) and an antenna (32) to suppress the formation of a standing wave by suppressing the reflection of microwaves.

4 Claims, 17 Drawing Sheets



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-156004

(P2001-156004A)

(43) 公開日 平成13年6月8日 (2001.6.8)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

4 K 0 3 0

C 2 3 C 16/511

C 2 3 C 16/511

5 F 0 0 4

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/31

C 5 F 0 4 5

21/31

H 0 5 H 1/46

B

H 0 5 H 1/46

H 0 1 L 21/302

B

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平11-339748

(22) 出願日

平成11年11月30日 (1999. 11. 30)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(71) 出願人 599019546

八坂 保能

京都府宇治市木幡須留5-107

(71) 出願人 000117674

安藤 真

神奈川県川崎市幸区小倉1番地1-I-312

(74) 代理人 100091513

弁理士 井上 俊夫

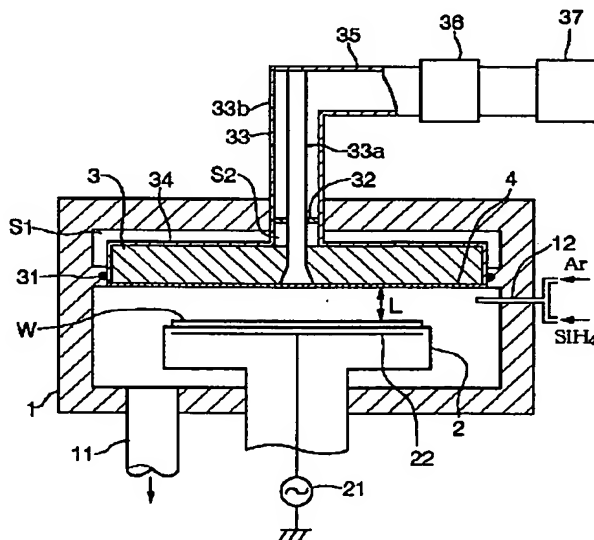
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 マイクロ波により処理ガスをプラズマ化し、そのプラズマにより基板に対して成膜やエッチングなどの処理を行うにあたり、定在波の発生を抑え、基板上のプラズマ密度の均一性を高めること。

【解決手段】 導波管の一端側を広げて拡径部を形成し、この拡径部の中に真空容器内の基板と対向するように誘電体を設け、更にこの誘電体の基板側の面に表皮厚さよりも薄い導電膜例えば厚さ1μm程度の金属膜を形成する。導波管を通ってきたマイクロ波は誘電体を介して導電膜に達し、エバネセントな電界が通りぬけて処理ガスをプラズマ化する。この電界は反射しないので定在波が立ちにくい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空容器内に供給された処理ガスをプラズマ化し、そのプラズマにより、真空容器内の載置台に載置された基板に対して処理を行うプラズマ処理装置において、高周波電源部と、この高周波電源部からの高周波を導く導波管と、この導波管の出口側に設けられた誘電体と、この誘電体に前記載置台に対向するように形成され、表皮厚さよりも薄いあるいは表皮厚さ程度の厚さの導電膜と、を備え、高周波が前記導電膜に入射し、この導電膜を通り抜けた電界に基づいて処理ガスをプラズマ化することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 導電膜は、周縁部の方が中央部よりも膜厚が薄いことを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ波などの高周波のエネルギーによりプラズマを発生させ、そのプラズマにより半導体ウエハ、LCD基板（液晶ディスプレイ用ガラス基板）などの被処理基板に対して処理を施すプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体デバイスの製造工程の中に、半導体ウエハ（以下ウエハという）に対してプラズマを用いて処理を行う工程がある。このようなプラズマ処理を行うための装置として図6に示すようなマイクロ波プラズマ処理装置が知られている。この装置は、ウエハWの載置台90を備えた真空容器9の天井部に例えば石英よりなるマイクロ波透過窓91を設けると共に、このマイクロ波透過窓91の上方に平面スロットアンテナ92を設け、マイクロ波透過窓91の上方側に電磁シールド部材96、例えば真空容器9の上端に連続する円筒部分を設けて構成されている。そしてマイクロ波電源部93からマイクロ波を導波管94を介して前記アンテナ92に導き、このアンテナ92から真空容器9内にマイクロ波を供給して、ガス供給部95からの処理ガスをプラズマ化し、そのプラズマにより例えばウエハWの表面に成膜あるいはエッチング処理を施すように構成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】平面スロットアンテナ92は図7に示すように金属板に多数のスリット92aを形成したものであり、このスリット92からは放射電磁界（電界強度が距離の1乗に反比例する）も放射される。放射電磁界は真空容器9内のプラズマにて反射されるので、この反射波とアンテナ92からのマイクロ波とが干渉してキャビティモードが起こって横方向に広がる定在波が生成される。このためウエハWと平行な面で見ると電界強度分布が不均一となり、この結果ウエハW上

でのプラズマ密度の均一性が悪くなる。またウエハW上のプラズマ密度を均一にするために、ウエハW上方において周縁部のプラズマ密度を中央部のプラズマ密度よりも高くするように例えばガスの流し方を工夫するなどしてプラズマ密度をコントロールする場合があるが、この場合上述のように電界強度分布が不均一であると、このようなコントロールが困難である。

【0004】本発明は、このような事情の下になされたものであり、その目的は基板上におけるプラズマ密度の均一性が高く、基板に対して面内均一性の高いプラズマ処理を行うことのできるプラズマ処理装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明のプラズマ処理装置は、真空容器内に供給された処理ガスをプラズマ化し、そのプラズマにより、真空容器内の載置台に載置された基板に対して処理を行うプラズマ処理装置において、高周波電源部と、この高周波電源部からの高周波を導く導波管と、この導波管の出口側に設けられた誘電体と、この誘電体に前記載置台に対向するように形成され、表皮厚さよりも薄いあるいは表皮厚さ程度の厚さの導電膜と、を備え、高周波が前記導電膜に入射し、この導電膜を通り抜けた電界に基づいて処理ガスをプラズマ化することを特徴とする。

【0006】この発明によれば表皮厚さよりも薄い導電膜をいわばアンテナとして用いているので、導波管を通ってきた高周波例えばマイクロ波はこの導電膜中を通り抜け、エバネセント電界が真空容器内側にリークした状態となる。このエバネセント電界は伝播しないので、定在波が立ちにくくなり、基板上のプラズマ密度の均一性が高い。この場合導電膜の周縁部の膜厚を中央部よりも薄くすれば、リークする電界の強度が周縁部で大きくなり、基板上では均一性の高いプラズマ分布が得られる。

【0007】

【発明の実施の形態】図1は本発明のプラズマ処理装置の実施の形態を示す断面図である。このプラズマ処理装置は例えばアルミニウム製の円筒状の真空容器1を備えており、この真空容器1には基板であるウエハWの載置台2が設けられると共に、底部には真空排気を行うための排気管11が接続され、また例えば側壁にはガス供給部12が設けられている。前記載置台2には例えば13.56MHzのバイアス電源部21に接続されたバイアス印加用の電極22が埋設されると共に、図示しない温度調整部が設けられていてウエハWを所定の温度に調整できるように構成されている。

【0008】真空容器1の上部には例えば石英よりなる厚さ3〜5cm程度の板状の誘電体3が下方側の領域を真空雰囲気とするようにシール材31により気密に封止して配置されている。誘電体3の中央部には導波路である同軸の導波管33の軸部33aの一端部が上面から下

面に亘って貫通して設けられている。同軸の導波管33の外管33bの下端部は外側に折り曲げられて広げられ更に下側に屈曲して偏平な円筒状の拡張部34をなし、誘電体3の上に被せて設けられている。同軸の導波管33の他端部の側面には導波路である矩形状の導波管35の一端部が接続されており、この矩形状の導波管35の他端部にはインピーダンス整合部36を介してマイクロ波電源部37が設けられている。

【0009】前記誘電体3の下面(載置台2側の面)には導電膜4例えばアルミニウム等の金属からなる導電膜4が形成されている。この導電膜4に関して説明する。一般に導電体例えば金属は図2に示すように電界を吸収し、上面にマイクロ波が入射したとすると、電界強度は上面から下面に向かうにつれて指数関数的に減少する。金属表面(上面)の電界強度 E が $1/e$ (e は自然対数の底)になる厚さ(深さ)は表皮厚さ(表皮深さ)と呼ばれ、金属がこの表皮厚さよりも薄い場合には下側(裏側)に電界が抜ける。このようにして抜けた電界はエバネセントな電界と呼ばれ伝播しない。前記導電膜4はウエハW側に電界が抜けるように表皮厚さよりも薄くあるいは表皮厚さ程度に作っており、例えば成膜されたアルミニウム膜の場合表皮厚さは成膜手段にも依るが3~5 μm であるから導電膜4の膜厚 D は例えばおよそ1~2 μm に設定されている(図面では導電膜4の厚さは大きく描いている)。

【0010】そして導電膜4から抜けたエバネセントな電界の強度は図3に示すように下方に向かうにつれて減衰するが、プラズマは導電膜4の直下で生成されるので、充分な電界が確保され得る。従ってウエハWと導電膜4との距離 L があまり短いとガスの拡散領域が狭くなるのでガスの供給手法が難しくなり、また逆に L が大きいとプラズマの周辺壁面への拡散消失の度合いが大きくなり、マイクロ波電源部37の電力を大きくする必要があるので、例えば L は5~10cm程度が好ましい。

【0011】また前記導波管33の先端部の拡張部34は真空容器1内に位置しており、拡張部34と真空容器1の内壁との間の空間 $S1$ はシール部材31によりプラズマの発生領域から区画されている。この空間 $S1$ が大気雰囲気であると誘電体3が圧力差により変形するおそれがあるので、誘電体3の形状を安定化するために、図示しない排気路を介して空間 $S1$ は真空雰囲気にしても良い。更にまた導波管33の内部空間は大気雰囲気の状態にしておくと、真空容器1内に入り込んでいる部位が圧力差で変形するおそれがあるので、真空容器1の壁の中に位置している部位においてシール部材32を用いて上側と下側とを区画し、下側空間 $S2$ を図示しない排気路を介して真空雰囲気にしてもよい。

【0012】なお誘電体4は、導波管33の拡張部34の形状に適合するものでなくとも、例えば図4のように薄いガラス板により構成して拡張部34との間に空間が

形成されていてもよく、この場合でも上述のようにシールして拡張部34の内、外を真空雰囲気とすれば拡張部34の形状が安定する。

【0013】次に上述実施の形態の作用について、基板上にポリシリコン膜を形成する場合を例にとって説明する。先ず図示しないゲートバルブを開いて図示しない搬送アームによりウエハWを載置台2上に載置する。次いで前記ゲートバルブを閉じた後、真空容器1内を排気して所定の真空度まで真空引きし、ガス供給部12から成膜ガスである例えば SiH_4 ガス及びキャリアガスである例えば Ar ガスを真空容器1内に供給する。そしてマイクロ波電源部37から例えば2.45GHz、2.5kwのマイクロ波を出力すると共に、バイアス電源部21から載置台2に例えば13.56MHz、1.5kwのバイアス電力を印加する。

【0014】マイクロ波電源部37からのマイクロ波は導波管35、33を介して拡張部34内に伝播され、誘電体4を通して導電膜4に入射する。導電膜4は既述したように表皮厚さよりも薄いあるいは表皮膜厚程度なのでここから電界がリークして真空容器1内に入り込み、この電界(エバネセント電界)により処理ガスがプラズマ化される。そして SiH_4 ガスが電離して生成された活性種がウエハW表面に付着してポリシリコン膜が成膜される。

【0015】上述実施の形態によれば導波管33から伝搬したマイクロ波はいわばアンテナである導電膜4に達し、この導電膜4を通り抜けたエバネセント電界は伝播しないので定在波が立ちにくくなり、定在波による電界強度分布の影響が少なくなり、この結果ウエハW上でのプラズマ密度の均一性が高く、ウエハWに対して面内分布が均一なプラズマ処理、この例では成膜処理を行うことができる。

【0016】前記導電膜4は均一な厚さに形成してもよいが図5に示すように中央部よりも周縁部の方が厚さが薄くなるように形成してもよく、このようにすれば周縁部でリークする電界強度が中央部よりも大きくなるので、それによって周縁部で密度の高いプラズマが生成される。プラズマは生成部から離れるにつれ密度の低い部分へ拡散し、また真空容器の内壁において消失する為、導電膜4の下面側にて周辺部のプラズマ密度を高くしておけば、プラズマが下がっていくときに内側への拡散と内壁での消失によって、結果としてウエハW上のプラズマ密度がより一層均一性の高いものになる。

【0017】なお導電膜4を誘電体3の上面に形成する構成や誘電体の中に挟み込む構成も本発明の権利範囲に含むものである。また処理ガスをプラズマ化するための電源部としてはマイクロ波電源部に限らずRF電源部やUHF電源部でもよく、本明細書では、これらを高周波電源部として扱っている。更にまた本発明は成膜処理に限らずエッチングやアッシング処理を行う場合に適用し

てもよい。

【0018】

【発明の効果】本発明によれば表皮厚さよりも薄いあるいは表皮厚さ程度の厚さの導電膜をリークした電界を利用してプラズマを発生させているので、基板上においてプラズマ密度の均一性が高く、この結果基板に対して均一性の高いプラズマ処理を施すことができる。

【0019】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態を示す縦断側面図である。

【図2】本発明で用いる導電膜の役割を説明する説明図である。

【図3】図2の載置台上のウエハと導電膜との距離とこの間の電界強度の減衰の様子を示す説明図である。

【図4】本発明の他の実施の形態の要部を示す縦断側面

図である。

【図5】本発明の更に他の実施の形態を示す説明図である。

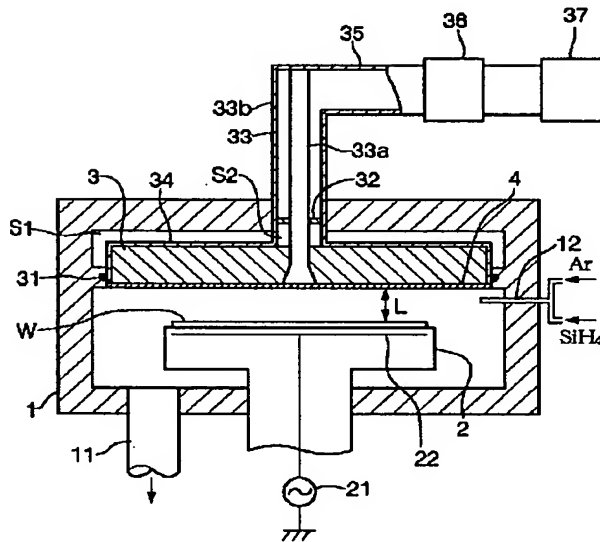
【図6】従来のプラズマ処理装置を示す概略図である。

【図7】従来のプラズマ装置に用いられているアンテナを示す平面図である。

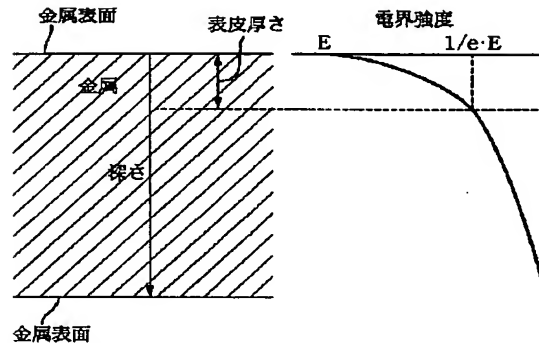
【符号の説明】

- | | |
|-------|---------|
| 1 | 真空容器 |
| 2 | 載置台 |
| 21 | バイアス電源部 |
| W | 半導体ウエハ |
| 33、35 | 導波管 |
| 34 | 拡張部 |
| 37 | 高周波電源部 |
| 4 | 導電膜 |

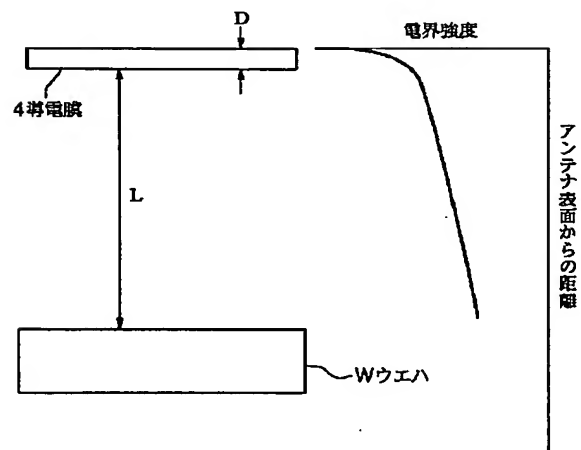
【図1】



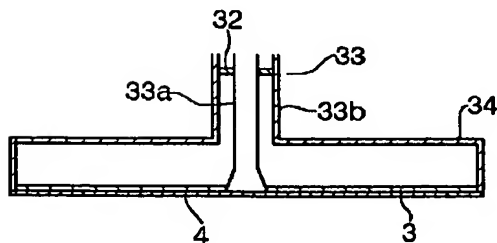
【図2】



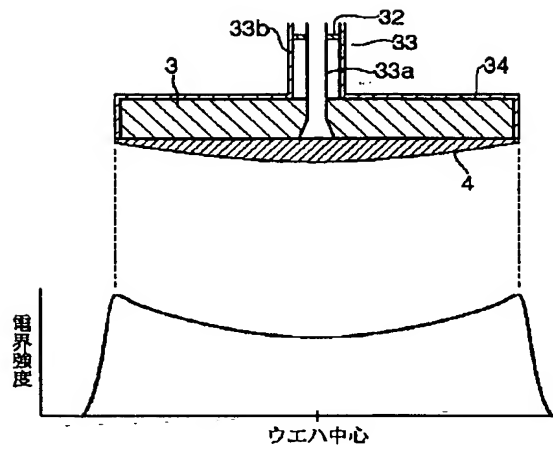
【図3】



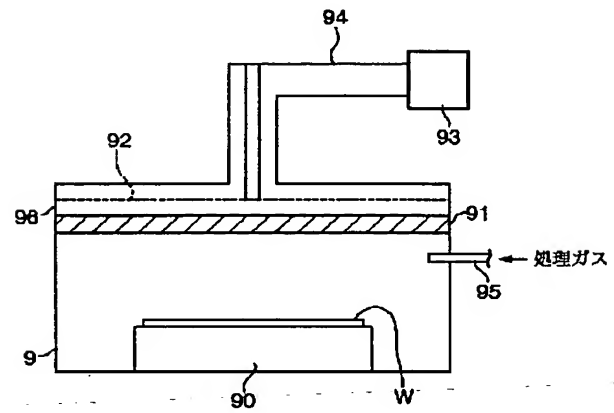
【図4】



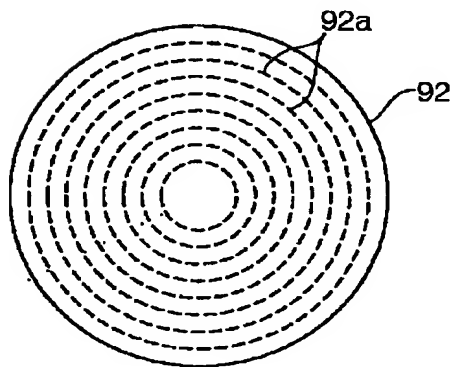
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 石井 信雄
東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式会社内

F ターム(参考) 4K030 BA29 FA02 KA14 KA30 KA47
5F004 AA01 BA20 BB29 CA06
5F045 AA09 AB03 AC01 AC16 BB01
DP04 EC05 EH03 EH04 EH20